

Embedded Linux

Aljaž Mavrič
 Agenda OpenSystems d.o.o.
 Gosposvetska 84, 2000 Maribor
 info@agenda.si

Embedded Linux

This article presents the state of embedded Linux as applied to consumer electronics devices, from wristwatches to PDAs to cellular handsets. In it we have attempted to address important decision areas for embedded Linux developers. We will also provide a brief introduction to Linux itself and describe the major players in the rapidly evolving field of embedded Linux.

Linux je relativno nov, sodoben operacijski sistem, ki spada v skupino operacijskih sistemov Unix. Operacijski sistem (OS) je poseben program, ki deluje kot posrednik med uporabnikom in strojno opremo, in zagotovi ustrezno okolje, ki omogoča priročno in učinkovito uporabo računalniške naprave. Med drugim OS določa, kateri programi se bodo izvedli, upravlja s spominom, določa vmesnik za dostop do datotečnega sistema, trdih in flash diskov ter ostalih naprav, upravlja z omrežjem (npr. TCP/IP), omogoča medsebojno komunikacijo med programi in zagotavlja varnost. V dobesednem pomenu je "Linux" le jedro operacijskega sistema. "Linux sistem" pa vsebuje jedro, sistemska orodja in izbrane aplikacije. Zato ima večina uporabnikov pri uporabi besede "Linux" v mislih "Linux sistem", ali bolje rečeno vse stvari, ki tečejo na Linux jedru. Celoten Linux sistem lahko sestavite iz komponent, ki so prosto dostopne na internetu. Seveda pa to ni enostavno in zahteva izredno velik vložek znanja in energije. Zato so se oblikovale različne skupine, ki ponujajo enostavno namestitvev standardizirane zbirke paketov. Te Linux distribucije vključujejo osnovni Linux sistem, sistemska orodja in širok nabor aplikacij.

Linux vključuje vse najsodobnejše računalniške tehnologije in v vedno več primerih postaja platforma, na kateri le-te tudi nastajajo. Njegov razvojni model daje prednost optimizirani in modularni kodi ter s tem zagotavlja, da sistem kljub skoraj neverjetni hitrosti razvoja ostaja zanesljiv, varen in hiter, ob maksimalni izrabi strojnih zmogljivosti. Prva različica Linuxa je bila napisana za arhitekturo Intel 386. Celo danes lahko najnovejše različice uporabljamo na 386-sistemu s 4Mb spomina.

Večkrat se o Linuxu govori kot o revolucionarni tehnologiji. Značilnost revolucij pa je, da nikoli ne odrastejo in da imajo relativno kratko življenjsko dobo. Ali uspejo in tako postanejo status quo ali propadejo in za njimi ostane le zaznamek v zgodovini. Zato verjetno pravilo, da o Linuxu govorimo kot o evolucijski tehnologiji, katere modeli uporabe in razvoja prinašajo veliko sprememb, ne le v programsko industrijo in z njo posredno v celotni informacijski sektor, ampak tudi v družbo kot celoto. Linuxova licenca GPL (GNU General Public License) in svoboda (brezplačna uporaba, brezplačna izvorna koda, prosta distribucija) zagotavljajo hiter razvoj. Posledično Linux zavzema vedno večji del trga. Eno izmed pomembnejših področij, ki je veliko pridobilo z uporabo Linuxa, je trg embedded Linux naprav.

Embedded Linux pomeni Linux, ki je prirejen (programsko prenesen) na določen procesor in ploščo v embedded napravi. Obstaja kar nekaj podjetij, ki prodajajo embedded Linux rešitve. Običajno vsebujejo preneseno Linux jedro z razvojnimi orodji in v določenih primerih tudi real-time razširitvami. Projekti embedded Linuxa so zelo hitro prešli iz začetne razvojne faze in majhnega razvojnega obsega v celovite

distribucije, primerne za uporabo v najzahtevnejših industrijskih in poslovnih okoljih. Največja prednost je v zadnjem času posvečena predvsem standardizaciji. Pri večini projektov odprte kode se v fazi močnega razvoja pojavi fragmentacija, ki se v zaključnih fazah razvoja združi nazaj v najboljšo možno rešitev in pri kateri postaneta enostavnost razvoja in standardizacija ena izmed najpomembnejših dejavnikov. Vse večja pozornost je namenjena tudi področju razvoja uporabniških vmesnikov. Vedno večje povpraševanje po embedded in mobilnih napravah in zanimanje za uporabo embedded Linuxa v le-teh vodi v razvoj manjšega števila zelo uspešnih in široko sprejetih implementacij. Podobno, kot se je to pred leti zgodilo na področju Linux strežniškega trga, tudi embedded Linux prehaja iz stanja, kjer je vsakdo razvil svojo rešitev, v stanje, kjer lahko komponente sistema (jedro, real time okolje, uporabniške vmesnike, ...) uporabite takoj, brez večjih prilagoditev. Rezultati tega prehoda se kažejo v padanju omejitev embedded naprav, kar je še posebej očitno na področju prenosnih naprav. Napredek v zmogljivosti strojne opreme v kombinaciji z napredkom v zmogljivosti embedded programske opreme znižuje stroške in omejitve pri izgradnji učinkovitih prenosnih naprav in prinaša izredno priložnost tudi za trg embedded Linuxa.

Trg embedded naprav pokriva produkte od kontrolnika v mikrovalovni pečici do prenosnega telefona, ki je le malo manj zmogljiv kot prenosni računalnik. Kam lahko tu uvrstimo embedded Linux? Večina bo opazila, da lahko tako zmogljiv sistem, kot je Linux, uporabimo v izredno širokem spektru naprav. V večini primerov predstavlja embedded Linux najboljšo izbiro, pa naj bo to PDA, namenska naprava ali prenosni telefon.

Naštajmo nekaj glavnih razlogov za uspeh embedded Linuxa:

- brezplačna izvorna koda,
- moderen operacijski sistem,
- modularnost, hitrost, zanesljivost in skalabilnost,
- močna mrežna podpora,

- podpora za veliko število različnih platform,
- relativna majhnost za nabor funkcionalnosti,
- enostaven za uporabo,
- enostavna konfiguracija,
- veliko število sposobnih razvijalcev...

Seveda ne smemo mimo nekaterih potencialnih šibkih točk:

- pomanjkanje gonilnikov za strojno opremo,
- ni enotnega grafičnega vmesnika,
- ni skupnega marketinškega nastopa,
- slabo poznavanje in strah pred GPL licenco,
- relativno nepoznan poslovni model.

Dejstvo je, da je Linux zmogljiv, hiter in brezplačen, vendar imajo uporabniki pred njim še vedno določen strah. Za njegovo široko uporabo, tudi na namiznih sistemih, je potreben enostaven namestitveni postopek in uporabniški vmesnik, ki bo omogočal manj izkušenim uporabnikom enostavno izvedbo osnovnih opravil, pri tem pa ne bo oviral naprednih uporabnikov pri zahtevnejših nalogah. To pa ni problem pri embedded napravah, saj je Linux v njih prednameščen in njihova omejena funkcionalnost omogoča razvijalcem zelo natančno določitev uporabniškega vmesnika (seveda le, če ta v napravi obstaja).

Ko se odločamo glede izbire embedded sistema, je potrebno upoštevati naslednje dejavnike:

- Velikost: je eden izmed najpomembnejših dejavnikov pri embedded projektih, saj je od tega, koliko prostora je na voljo za kodo, odvisno ali bomo izbrali Linux ali ne in katero jedro, C knjižnico, uporabniški vmesnik, itd. Bomo pri tem izbrali.
- Licence: Linux in večina Linux programske opreme je pod licenco GPL (GNU General Public License). To je tako velika prednost in priložnost, kot tudi potencialna nevarnost Linux embedded sistemov. Na eni strani imamo izredno kvalitetno brezplačno osnovo, ki pa nam zaradi licence ne dopušča zaprtih, lastniških popravkov kode. Če uporabljate popravljeno različico GPL ali LGPL programske opreme, morate omogočiti tudi dostop do te programske kode.

- Lastniške aplikacije: lahko tečejo na Linux jedru. Prav tako lahko uporabljate, razvijate in prodajate lastniške knjižnice in aplikacije, kljub temu, da je jedro samo pod licenco GPL. GPL programska oprema ne vpliva na licenco ostale programske opreme, ki teče na napravi. Seveda pa je potrebno upoštevati, da mora biti programska oprema, ki uporablja GPL knjižnice, tudi pod licenco GPL.
 - Večina knjižnic je dosegljiva pod licenco Lesser GNU Public License (LGPL), ki dovoljuje uporabo le teh tudi v lastniških aplikacijah.
 - Nekatera podjetja izdajajo svojo programsko opremo pod dvema licencama: GPL za splošno in razvojno uporabo ter plačilo nadomestila (royalty) za ne-GPL uporabo.
 - Real-time: Veliko embedded naprav zahteva, da se določen dogodek zgodi ob točno določenem času. Operacijski sistem, ki to omogoča, se imenuje Real Time Operating System (RTOS). Linux sam po sebi ni RTOS operacijski sistem, ker bi bil v tem primeru neprimeren za uporabo na strežnikih in namiznih okoljih. Seveda pa lahko Linux uporabljamo tudi v napravah, ki zahtevajo RTOS funkcionalnost. Ena izmed rešitev je prilagoditev jedra sistema, da se bo v večini primerov obnašal kot pravi RTOS sistem. To imenujemo "soft real-time". Druga rešitev je, da poganjamo Linux jedro na pravem RTOS. Seveda pa obstaja tudi možnost, da uporabljamo razširitve jedra, ki prinašajo pravo RT zmogljivost.
 - Toolchain: so zbirke orodij, ki se uporabljajo za izgradnjo aplikacij ali slike za embedded napravo. Nekatere omogočajo prevajanje na eni arhitekturi tudi za druge arhitekture (npr. prevajanje ARM slike na x86 namizju). Večina distribucij uporablja standardni GNU toolchain, obstajajo pa tudi distribucije, ki GNU orodja nadomeščajo z lastniškimi.
 - Podpora za datotečni sistem: eden izmed pomembnejših dejavnikov pri izbiri naprave so tudi zahteve glede datotečnega sistema (samo branje, branje in pisanje, journaling datotečni sistem, ...)
 - MMU: Linux že od nekdaj zahteva strojno opremo z MMU (memory management unit), ki omogoča uporabo zaščitene spomina. Na trgu obstaja tudi ponudba jeder, ki obidejo to zahtevo. Najnovejše razvojne različice jedra imajo podporo za delo brez funkcionalnosti MMU že vgrajeno.
 - Aplikacije: v primerjavi z operacijskim sistemom Palm OS ali Windows CE, ne obstaja veliko število aplikacij za končne uporabnike, ki bi bile specifično pisane in zasnovane za embedded Linux. Seveda pa kljub temu obstajajo, predvsem pa je pomembno, da se da večina obstoječih aplikacij prilagoditi tudi za embedded svet.
 - Uporabniški vmesniki: ostali embedded OS imajo le en uporabniški vmesnik, ki ga vnaprej določi ponudnik. Pri embedded Linuxu to ni tako. Ne obstaja en dominanten uporabniški vmesnik, ampak večje število podjetij in organizacij, od katerih vsak ponuja svojega. To omogoča večjo svobodo pri izbiri, konkurenco in hitrejši razvoj uporabniških vmesnikov.
- Razvijalci se pri izbiri jedra lahko odločajo med večjim številom embedded Linux jeder:
- jedro Linusa Torvaldsa (glavno Linux jedro)
 - MontaVista Linux (Professional and Carrier Grade editions)
 - BlueCat Linux / BlueCat RT
 - uCLinux
 - Embedix
 - ELKS
 - REDICE-Linux
 - TimeSys Linux
 - RTLinux (MiniRTL, RtiC-Lab, RTLinux/Pro, RTLinux/BSD)
 - RTAI
 - Qlinux
- Embedded Linux distribucije:
- Embedded Debian Project (EmDebian)
 - Handhelds.org
 - PeeWeeLinux
 - OpenZaurus

Štirje največji predstavniki na področju lastniških embedded Linux distribucij so MontaVista, LynuxWorks, Lineo in v nekaj manjšem obsegu tudi RedHat. Njihova glavno geslo je "podpora", ki se zrcali v SDK paketih (distribucije za različne plaforme, podpora za različne plošče, dokumentacija in orodja). Večina ponudnikov ima v svoji ponudbi tudi eno izmed real-time različic.

Lastniške embedded Linux distribucije:

- MontaVista (MontaVista Linux, MontaVista Linux, Carrier Grade Edition)
- LynuxWorks (BlueCat Linux, BlueCat RT)
- Lineo (Embedix, Embedix SDK, Embedix BDK)
- Red Hat (GNUPro Developer Tools, eCos, RedBoot, Embedded Linux Developer Suite)
- Altera / Microtronix (uCLinux, Nios Processors, Excalibur Processors)
- PalmPalm (Tynux, Tynux Box I, II, IMT2000)
- Transvirtual (XOE (PocketLinux))
- TimeSys (TimeSys Linux/GPL, TimeSys Linux/Real Time, TimeSys Linux/CPU, TimeSys Linux/Net, TimeSys SDKs)
- Mizi Research, Inc (Linu@ (Linuette), EnDA C3224)
- Coollogic (Coollinux)
- Esfia (RedBlue Linux, AESF901PWD Companion Chip)
- Red Flag (ControLinux)
- MobileSoft Technology (mLinux, mGUI)
- REDSonic (REDICE-Linux)

C-knjižnice so pomembna komponenta vsakega Linux sistema, saj predstavljajo vmesnik med aplikacijami in API-ji jedra. Ker je C-knjižnica v večini primerov vsaj tako velika kot celotno

jedro sistema, je izbira prave knjižnice ključnega pomena za embedded projekte.

Embedded C-knjižnice:

- GNU C Library
- uCLibc
- Diet libc
- newlib
- sglbc

Embedded uporabniški vmesniki:

- Gtk+
- Gtk/FB
- Qt (Qt/Embedded, Qtopia, QtAWT, Qt Designer,
- Opie
- XFree86 / The X Window System
- Tiny-X
- FLTK
- MicroWindows / Nano-X
- DirectFB
- OpenGUI
- MiniGUI
- PicoGUI
- PicoTK

Z vstopom Linuxa na trg embedded naprav se spreminja veliko stvari. Razvijalci imajo sedaj dostop do kvalitetnega RTOS-sistema, ob tem pa obdržijo fleksibilnost in možnost prilagoditev programske kode. Programska oprema prevzema področja, kjer je še pred kratkim prevladovala strojna oprema. Na kratko to pomeni, da je embedded Linux vstopil na trg, velike rasti. S svojo cenovno učinkovitostjo, odprto kodo ter napredno funkcionalnostjo si je zagotovil eno izmed najpomembnejših položajev na trgu embedded naprav.